

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 7 日現在

機関番号：14301
研究種目：基盤研究(B) (一般)
研究期間：2014～2016
課題番号：26282108
研究課題名(和文) 社会変化や気候変動を考慮できる都市・建物強風被害リスク評価プラットフォームの構築

研究課題名(英文) Construction of a platform on GIS for strong wind damage risk considering the change of climate and society

研究代表者
丸山 敬 (Maruyama, Takashi)
京都大学・防災研究所・教授

研究者番号：00190570
交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 10,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、社会変化や気候変動による建物の強風被害防止・低減のための研究成果を迅速に防災・減災対策に反映させるために、気象モデル、確率台風モデルを用いて強風ハザードを評価し、強風ハザード・建物耐風性能データベースを参照しながら建物被害モデルを用いて強風被害リスクの予測を行うプラットフォームをGIS上に作成した。建物耐風性能データベースは、幾つかの実市街地における調査によりアーカイブした。作成したプラットフォームを用い、実在する市街地において強風災害リスクを試験的に求めて有用性を検証するとともに、人口密度など、既存のデータベースを用いて被害リスクを簡易的に求める方法なども提案した。

研究成果の概要(英文)：A platform for strong wind risk assessment of houses consisting of a meteorological typhoon module, a statistical typhoon module, a strong wind damage module and a wind resistant performance database was constructed on GIS. The strong wind hazard calculated by the meteorological typhoon module showed downscaling calculations are needed to improve the accuracy of wind speed prediction. Therefore, the downscaling calculation by using Large Eddy Simulation was developed and installed in the platform. Model parameters in the statistical typhoon module were optimized in comparison with the great numbers of simulated typhoon. We can evaluate the amount of damage by using the platform. The modules and the database were designed as interchangeable so as to be able to consider the change of society. A risk assessment of strong wind damage to houses in a real city during a passage of typhoon was calculated. We derived a simple method of predicting the strong wind damage to houses.

研究分野：建築風工学

キーワード：災害リスク評価 建物強風被害リスク 気候変動 社会変化 建物耐風性能 GIS リスク評価プラットフォーム

1. 研究開始当初の背景

竜巻などの極端気象現象の増加とそれに伴う災害の増大は、社会構造の変化や気候変動を視野に入れた適応策の策定を喫緊の課題として突きつけた。IPCC の報告書（AR5, 2013）によると、地球温暖化が進んでおり、温暖化ガスの排出等、人類活動の影響は95%以上の確度で疑いのないものと結論づけた。気候変動予測（文部科学省 21 世紀気候変動予測革新プログラム成果報告, 2012）の結果をみても、巨大台風の発生頻度が上がるという結果が示されるなど、日本における気候変動による被害リスクも将来変化すると考えられた。

建物の強風被害リスクを予測するためには、被害を起こす強風の危険度である“強風ハザード”を求め、それに対応する“被害リスク”を予測することになるが、近年の気象モデルの発達に伴い、強風ハザードの予測精度も実用的なものとなってきている。強風ハザードから被害リスクを求める際には、行政機関や研究機関が集計した被害と風速の経験的關係式を用いる従来の方法に加えて、建物の被害発生メカニズムを取り込むことのできる物理モデルを用いる方法も提案された。このような物理モデルによる建物被害の予測精度は、建物の構造種別や外装材の種類など、建物の耐風性能を左右する耐風性能要素に関する正確な情報が得られるかどうか依存するが、日本国内ではこれら耐風性能をアーカイブしたデータベースが整備されていないのが現状であり、被害リスクの精度よい予測が困難なものとなっている。これらの点を改善すべく、本研究グループでは、気象モデルおよび確率台風モデルを用いた強風ハザードの予測。さらには、被害モデルと耐風性能データベースを用いた建物の強風被害リスクの予測を行う方法を示した。これらの成果を有機的に統合することにより、被害リスクの予測精度を向上させ、適応策策定への有用な情報を提供することが求められた。

2. 研究の目的

本研究では、社会変化や気候変動による建物の強風被害防止・低減のための研究成果を迅速に防災・減災対策に反映させるために、気象モデル、確率台風モデルを用いて強風ハザードを評価し、強風ハザード・建物耐風性能データベースを参照しながら建物被害モデルを用いて強風被害リスクの予測を行うことができるプラットフォームをGIS上に作成することを目標とする。

具体的には、図1に示すように気象モデルを用いて強風ハザードを求める「気象モジュール」。台風の進路、強度、大きさなどの統計的性質を再現できる確率台風モデルを用い、気候変動や社会変動下における台風に伴う強風ハザードを求める「確率台風モジュール」。建物の被害発生メカニズムを考慮できる物理モデルを用いて、強風ハザードに対応

する建物の被害リスクを求める「建物被害モジュール」。一軒ごとの建物耐風性能要素を市町村ごとにアーカイブし、地域特性や社会変化を反映した建物の耐風性能に関する情報を提供する「建物耐風性能データベース」などを有機的に統合し、最新機能の追加やモジュールの交換、データベースの更新などを可能とするための基盤的なフレームワークである“建物強風被害リスク評価プラットフォーム”を構築する。

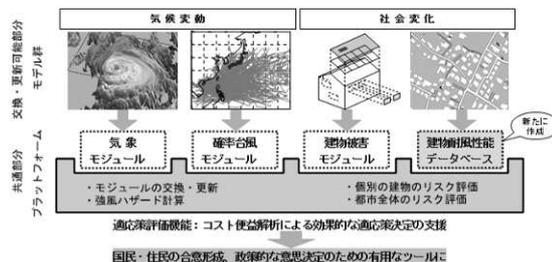


図1 建物強風被害リスク評価プラットフォームの全体構成

3. 研究の方法

図1に示したプラットフォームの構築を目指し、建物耐風性能要素をアーカイブした「建物耐風性能データベース」を新たに作成する。「気象モジュール」、「確率台風モジュール」、「建物被害モジュール」の設計を行い、GIS上のプラットフォームへ組み込む。各モジュールは最新機能の追加や交換が可能ないように設計する。

「気象モジュール」について

メソスケール“気象モデル”であるWRFを用いて、日本全域をカバーする領域の数日先までの気象予測を行い、強風ハザードの予測を可能とした。さらに、変動風速場を予測できるように、ラージエディシミュレーション（LES）を用いたダウンスケリングを行うことができたようにした。それらの結果をプラットフォームへの組み込み、被害予測モデルの入力として引用できるようにした。

「確率台風モジュール」について

台風の進路、強度、大きさなどを再現する“確率台風モデル”を用い、台風に伴う強風ハザードの予測を行い、強風ハザードの予測を可能とし、それらの結果をプラットフォームへの組み込み、被害予測モデルの入力として引用できるようにした。

「建物被害モジュール」について

建物に加わる風圧力、外装材の破損や飛散、飛散物の衝突などの被害発生メカニズムを再現できる物理モデルを組み込んだ建物被害モデルに取り込む被害発生メカニズムの改良と、建物耐風性能要素が被害リスク予測に及ぼす感度解析を行い、精度を上げるために重要となる建物耐風性能要素の洗い出し

を行って、予測精度の向上を目指した。

「建物耐風性能データベース」について
「建物耐風性能データベース」に格納される“建物耐風性能要素”は「建物被害モジュール」において“建物被害モデル”を用いて建物の強風被害リスクを求めるための強風に対する建物の強さを表す要素であり、建物の形状、周囲の建物との位置関係、建物の構造種別、築年数、外装材の種類などを指す。

本研究ではこの“建物耐風性能要素”を、地域的な差異が抽出できるように宇城市（熊本県）、東大阪市（大阪府）、宇治市（京都府）、名張市（三重県）、豊橋市（愛知県）糸満市（沖縄県）において実地調査により収集した。その際、モバイルGISを用いた調査データ入力支援ツールを用いて効率化を図った。これらのデータを用いて“建物耐風性能要素”の地域差の比較を行い、その特性の違いを調べた。また、GIS上の建物数値データより“建物耐風性能要素”の抽出方法に関する検討を行った。また、住宅統計調査、都市計画基礎調査、国勢調査や住宅登記簿など、既存のデータベース上の建物耐風性能要素を活用し、現地調査を行わなかった地域においても「建物耐風性能データベース」を構築するための方法を検討し、より広い地域への拡張法を検討した。

最後に、研究の総括として、将来の気候変動や社会変化の下での“強風ハザード”の試算。“強風ハザード”に対する“建物強風被害リスク”の試算。強風被害に対する対策の有無による、リスク額の得失の試算等を行い、住民の防災適応策に対する合意形成や政策的な意思決定のための資料の提供方法について検討する。さらに、上記の検討結果を参考に、国民・住民の合意形成を進め、政策的意思決定を助けるための適応策評価機能の実装を目指した。

4. 研究成果

建物耐風性能要素をアーカイブした「建物耐風性能データベース」を新たに作成し、「気象モジュール」、「確率台風モジュール」、「建物被害モジュール」とともにGIS上の建物強風被害リスク評価プラットフォームへ組み込んだ。各モジュールは最新機能の追加や交換が可能ないように設計された。以下に各モジュールに関する成果をまとめる。

「気象モジュール」について

強風ハザードを求める「気象モジュール」については平成27年に発生し、沖縄と九州南西部に強風をもたらした台風のシミュレーションを行い、観測結果と被害程度との関係を検討した。それによると、地形や建物・植物などの地面粗度の影響が表付近の風速の大きさに影響を与え、用いた気象モデルでは大きめの風速を予測する。そのため、建物

の被害リスク予測の精度を高めるためには、地形や建物・植物などの地面粗度の影響を取り入れた予測を行わねばならないことが判った。そこで、それらの影響と、さらには、変動風速場を予測できるように、ラージエディシミュレーション（LES）を用いたダウンスケーリングを行うことができるように設計変更を行った。そのため、LESによるダウンスケーリングの機能を取り込む作業を優先し、交付申請書に当初予定していたアンサンブル予報の機能、および、渦位逆変換を用いたコースや強度の異なる多数の台風を発生させる機能の開発は中止とした。

「確率台風モジュール」について

“確率台風モデル”のパラメータに関しては、平成20～23年度文部科学省21世紀気候変動予測革新プログラム「流域圏を総合した災害環境変動評価」の成果を用いて最適化を行った。

「建物被害モジュール」について

建物被害モデルに関して、建物耐風性能要素が被害リスク予測に及ぼす感度解析を行った結果、予測精度を上げるためには、外装材の耐力評価と、外力としての風圧力の精度評価が重要であることが判った。外装材の耐力評価に関しては、特に屋根ふき材の風圧力に対する耐力の評価。また、建物群内における各建物に加わる風圧力特性を明らかにすることが重要であるとして、風洞実験により、低層（2階建）建物群内で建物に加わる風圧力を明らかにした。さらに、風圧力と建物の建物群内の位置の関係を明らかにし、建物群の縁や角に建物が位置する場合は、建物群内に位置する場合よりも大きな風圧力が加わることを明らかにし、周囲に建物のない孤立建物が受ける風圧力との関係を、建物の建物群内の位置の関数として与えた。

「建物耐風性能データベース」について

“実地調査を行った地域の「建物耐風性能データベース」を用いて、低層（1～4階建）建物の住家・非住家の割合（図2）。”建物耐風性能要素”のうち、屋根形状、外装材の種類、階数に関して地域差の比較を行い、・建物の水平断面の平均縦横比と平均階数の関係（図3）、・建物階数と屋根形状の関係（図4）、・外装材の種類や屋根葺き材の種類の違い（図5,6）について調べ、地域ごとの特性の違いを検討した。また、GIS上の建物数値データより“建物耐風性能要素”の抽出方法に関する検討を行い、実地調査との比較を行った結果、地域の特徴を考慮した抽出方法を検討する必要を明らかにした。

他方、住宅統計調査、都市計画基礎調査、国勢調査や住宅登記簿など、既存のデータベース上の建物耐風性能要素を活用し、現地調査を行わなかった地域においても「建物耐風性能データベース」を構築するための方法を

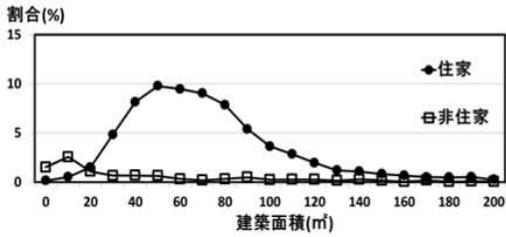


図2 建築面積と住家・非住家の占める割合

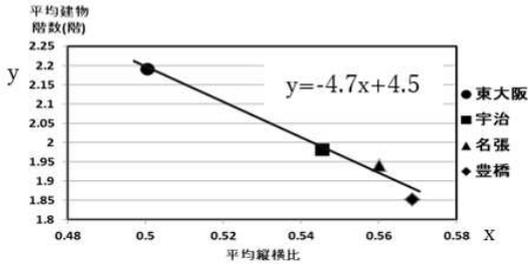


図3 建物の水平断面の平均縦横比と平均階数の関係

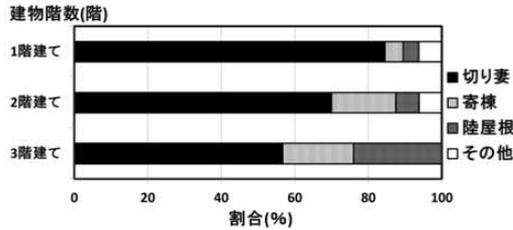


図4 建物階数と屋根形状の関係

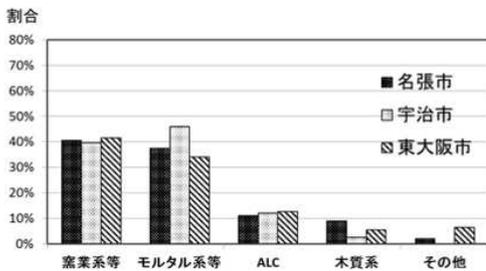


図5 地域ごとの外装材の種類の違い

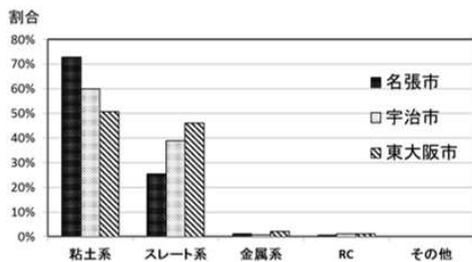


図6 地域ごとの屋根葺き材の種類の違い

検討し、より広い地域への拡張法を検討した。最後に、構築したプラットフォームを用いて低層建物の強風被害リスクを実市街について求め、合意形成や政策的な意思決定の場での使いやすい出力書式を工夫した。図7には風速が30m/sで一様に吹いた場合の建物の1軒ごとの屋根葺き材の被害額を示している。

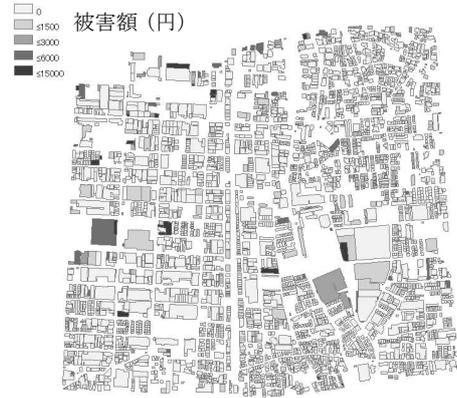


図7 実市街地における屋根葺き材の被害額の予測結果

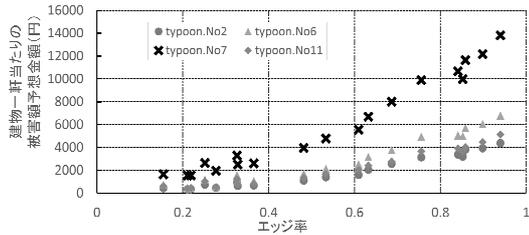


図8 エッジ率と被害被害額の予測値

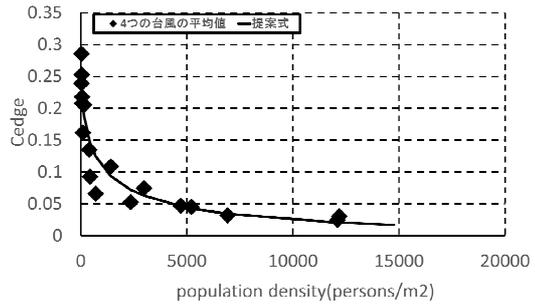


図9 エッジ率と人口密度の関係

また、建物に加わる風圧力と周囲の建物との関係をGIS上の「建物耐風性能データベース」を用いて抽出するための、建物群および建物群内の建物位置を自動的に抽出する方法を提案し、市町村単位で台風通過時の被害リスクを求めた。その結果から、建物が建物群の縁にある割合(エッジ率)と被害額の大きさに相関がある(図8)ことを明らかにし、さらにエッジ率と市町村ごとの人口密度との関係(図9)を求め、人口密度から、建物の強風被害を簡易的に評価する手法を提案した。これにより、GIS上の建物強風被害リスク評価プラットフォームを用いて台風による強風ハザードを求めれば、市町村単位の人口密度から簡易的に建物の被害リスクを、例えば屋根葺き材の被害額として示すことができるようになった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計2件)

- ① 丸山 敬・美並 浩成・野田 博・西嶋一欽・ガヴァンスキ 江梨・松本和朗・松永隆, G I Sシステムを用いた建物の強風被害に対する耐風性能要素の抽出に関する考察, 京都大学防災研究所年報, Vol. 59B, 査読無, pp. 217-221, 2016
- ② 加藤敢士・友清衣利子・前田潤滋, G I Sを用いた2012年つくば竜巻の突風による建物被害の分析, 都市・建築学研究 九州大学大学院人間環境学研究院紀要, 第29号, 査読有, pp. 49-54, 2016

〔学会発表〕(計8件)

- ① 友清衣利子, 現地調査および統計情報を利用した建物の耐風性能要素抽出手法の検討, 日本建築学会九州支部研究報告会, 2017. 3
- ② 井上龍一, 友清衣利子, 前田潤滋, 1991年台風19号時の長崎2地区での強風被害拡大に及ぼす周辺建物の影響, 日本建築学会2016年度大会(九州), 2016. 8
- ③ 丸山 敬・美並浩成・野田 博・西嶋一欽・ガヴァンスキ江梨:強風による建物被害リスクを評価するためのプラットホームの構築その1 プラットホームの概要と建物耐風性能データベースの作成, 日本建築学会年次大会梗概集, 20063, 2016. 8, pp. 125-126.
- ④ 美並浩成・西村宏昭・西嶋一欽・ガヴァンスキ江梨・丸山 敬:強風による建物被害リスクを評価するためのプラットホームの構築その2 建物被害リスク評価の高精度化を目指した孤立建物群の風圧特性の把握, 日本建築学会年次大会梗概集, 20064, 2016. 8, pp. 127-128.
- ⑤ 井上龍一, 友清衣利子, 前田潤滋, 1991年台風19号による住家の被災状況に及ぼす周辺建物の影響, -長崎市竿浦町での住家被災アンケート調査に基づく検討-, 日本建築学会九州支部研究報告会, 2016. 3
- ⑥ 加藤敢士, 友清衣利子, 前田潤滋, G I Sを用いた竜巻の突風による建物被害の分析, その1 2012年つくば市の竜巻からの距離と被害程度との関係, 日本建築学会大会(関東), 2015. 9
- ⑦ 友清衣利子, 加藤敢士, 前田潤滋, G I Sを用いた竜巻の突風による建物被害の分析, その2 建物規模および推定風速と被害程度との関係, 日本建築学会大会(関東), 2015. 9
- ⑧ 加藤敢士, 友清衣利子, 前田潤滋, 2012年につくば市で発生した竜巻の突風による建物被害の状況分析, 日本建築学会九州支部研究報告会, 2015

〔その他〕

<http://repository.kulib.kyoto-u.ac.jp/dspace/bulletin/dpri>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

丸山 敬 (MARUYAMA, Takashi)
京都大学・防災研究所・教授
研究者番号: 00190570

(2) 研究分担者

友清衣利子 (TOMOKIYO, Eriko)
熊本大学・大学院先端科学研究部・准教授
研究者番号: 30346829

石川裕彦 (ISHIKAWA, Hirohiko)
京都大学・防災研究所・教授
研究者番号: 60263159

西嶋一欽 (NISHIJIMA, Kazuyoshi)
京都大学・防災研究所・准教授
研究者番号: 80721969